

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengolahan Citra Digital

Secara harfiah, citra (*image*) adalah gambar pada bidang *dwimatra* (dua dimensi). Secara matematis, citra merupakan fungsi menerus (*continue*) dan intensitas cahaya pada bidang *dwintara*. Sumber cahaya menerangi objek, objek memantulkan sebagian dari cahaya tersebut. Pantulan cahaya ini ditangkap oleh alat optik, misalnya mata pada manusia, kamera pemindai (*scanner*) dan sebagainya, sehingga bayangan objek yang disebut citra tersebut terekam (Munir, 2004).

Pengolahan citra digital (*Digital Image Processing*) adalah ilmu yang mempelajari tentang teknik-teknik mengolah citra. Citra yang dimaksud yaitu gambar diam (foto) maupun gambar bergerak (yang berasal dari *webcam*). Sedangkan maksud dari digital tersebut adalah pengolahan citra/gambar yang dilakukan secara digital menggunakan komputer (Kusumanto dan Tomponu, 2011).

Berdasarkan pengertian diatas, maka pengolahan citra digital merupakan suatu bidang ilmu yang mempelajari suatu proses pada suatu objek menggunakan teknologi komputer, menjadi citra agar mendapatkan kualitas yang lebih bagus.

2.1.1 Jenis – Jenis Citra

Menurut (Kadir & Susanto, 2012) tentang jenis-jenis citra berdasarkan nilai pikselnya maka dapat di bagi menjadi 3 yaitu:

1. Citra Biner

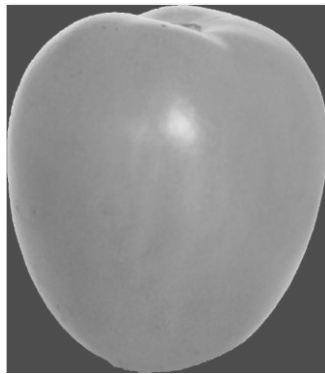
Citra biner ini merupakan salah satu jenis citra yang hanya memiliki dua kemungkinan yaitu hitam dan putih, dengan nilai 0 menyatakan warna hitam dan 1 menyatakan warna putih. Oleh karena itu, maka hanya perlu 1 bit per pikselnya. Penggunaan citra biner biasa pada proses pengolahan citra seperti segmentasi, morfologi dan lain sebagainya. Sebagai contoh, perhatikan Gambar 2.1. bagian kiri menyatakan citra beraras keabuan, sedangkan bagian kanan adalah hasil konversi ke citra biner.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



(a) Citra buah tomat bersekala keabuan (b) citra biner)

Gambar 2. 1Citra daun bersekala keabuan
dan citra biner

2. Citra *Grayscale* atau aras keabuan

Citra digital atau disebut juga dengan citra *black and white* yang setiap pikselnya memiliki warna gradasi mulai dari hitam sampai putih. Rentang warna pada *black and white* sangat cocok digunakan untuk pengolahan file gambar. Dikatakan citra aras keabuan (*Grayscale*) dikarenakan warna yang dihasilkan yaitu warna hitam, keabuan dan putih. Tingkat warna keabuannya yaitu dari warna abu yang mendekati hitam hingga yang mendekati warna putih. Sebagai contoh, perhatikan Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Citra Keabuan

3. Citra Berwarna (*Color Image*)

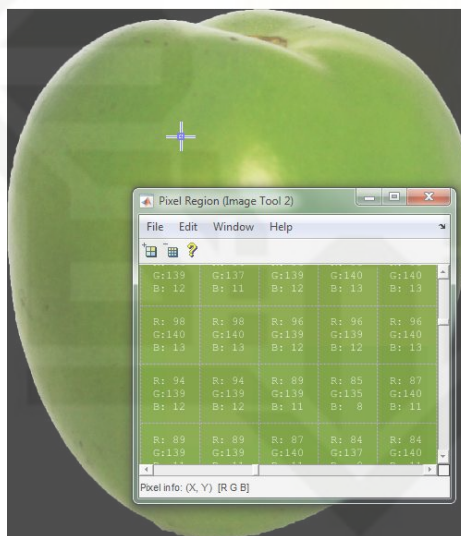
Citra berwarna atau *color image* merupakan salah satu jenis citra digital yang masing-masing pikselnya memiliki warna tertentu yaitu merah (*Red*), hijau (*Green*) dan biru (*Blue*). Jika masing-masing warna memiliki *range* 0-255, maka

totalnya adalah $255^3 = 16.581.375$ (16K) warna. Jumlah bit yang diperlukan untuk setiap piksel dan gambar disebut gambar-bit warna. *Color image* ini terdiri dari 3 layer matriks yaitu *RGB* yang mana *R-layer* atau *Red layer*, *G-layer* atau *Greenlayer* dan *B-layer* arau *Blue layer*. Berikut ini merupakan Tabel 2.1 tabel warna dan nilai penyusunan warna.

Tabel 2. 1 Warna dan nilai penyusun warna

Warna	R	G	B
Merah	255	0	0
Hijau	0	255	0
Biru	0	0	255
Hitam	0	0	0
Putih	255	255	255
Kuning	0	255	255

Contoh citra berwarna yaitu:



Gambar 2. 3 Citra berwarna dan representasi warnanya.

Setiap piksel dinyatakan dengan nilai R, G, dan B

2.1.2 Pembentukan Citra (Data Acquisition)

Citra merupakan gambaran tentang karakteristik suatu objek menurut kondisi variabel tertentu. Citra yang didapat tergantung pada karakteristik objek yang didapat atau direkam dan kondisi variabel dari sistem perekaman (Cahyana, 2015). Ada empat komponen dalam proses pembentukan citra, yaitu (Munir, 2004) *digitizer*, komputer digital, piranti tampilan, dan media penyimpanan.

Digitizer merupakan sistem penangkapan citra digital yang melakukan melakukan penjelajahan citra dan mengkonversinya kerepresentasi numerik sebagai masukan bagi komputer digital dan hasil yang diperoleh adalah matriks yang elemen-elemennya menyatakan nilai intensitas cahaya pada satu titik. Contohnya yaitu kamera digital, *scanner* (Munir, 2004).

Komputer digital yang digunakan pada sistem pemroses citra dapat bervariasi dari komputer mikro sampai komputer besar yang mampu melakukan bermacam-macam fungsi pada citra digital resolusi tinggi.

Piranti tampilan peraga berfungsi mengkonversi matriks intensitas yang mempresentasikan citra ketampilan yang dapat di interpretasi oleh mata manusia. Media penyimpanan adalah piranti yang mempunyai kapasitas memori besar sehingga gambar dapat disimpan secara permanen agar dapat diproses lagi.

2.1.3 Elemen-elemen Citra Digital

Elemen-elemen dasar yang terdapat pada citra digital adalah sebagai berikut (Munir, 2004):

1. Kecerahan

Kecerahan pada sebuah titik (piksel) didalam citra bukanlah intensitas yang ril, tetapi sebenarnya adalah intensitas rata-rata dari suatu area yang melingkupinya.

2. Kontras

Kontras adalah sesuatu yang menyatakan terang dan gelapnya sebuah gambar.

3. Kontur

Keadaan yang di timbulkan oleh perubahan intensitas pada piksel-piksel yang berdekatan. Karena dengan adanya perubahan intensitas ini, maka mata kita mampu mendeteksi tepi-tepi (*edge*) objek di dalam citra.

4. Warna

Warna adalah persepsi yang dirasakan oleh sistem visual manusia terhadap panjang gelombang cahaya yang dipantulkan oleh objek. Setiap warna mempunyai panjang gelombang yang berbeda. Warna merah mempunyai

panjang gelombang paling tinggi, sedangkan warna ungu (*violet*) mempunyai panjang gelombang paling rendah.

5. Bentuk

Bentuk (*shape*) merupakan properti utama untuk sistem visual manusia.

6. Tekstur

Tekstur dicirikan sebagai distribusi spesial dari derajat keabuan didalam sekumpulan piksel-piksel yang bertetanggaan.

2.1.4 Pengolahan Citra Tingkat Awal (*Image Pre-Processing*)

Pra-pemrosesan (*Pre-Processing*) adalah cara atau teknik untuk melakukan perbaikan citra atau gambar dari berbagai faktor dengan tujuan agar mendapatkan hasil citra gambar yang jauh lebih bagus, sehingga lebih mudah untuk diproses. Ada beberapa macam tahapan dalam pra-pemrosesan, yaitu seperti dibawah ini:

1. *Resize*

Resize merupakan proses penting yang harus dilakukan untuk mengubah ukuran dari gambar. Proses *resize* mengubah gambar yang bersize terlalu besar, gambar yang tidak selalu sama. Oleh karena itu agar tidak ada perbedaan ukuran dan mengganggu kinerja sistem untuk proses lebih lanjut maka diperlukan proses *resize*. Proses *resize* dilakukan biasanya menggunakan *tool*.

2. *Cropping*

Cropping merupakan proses yang dilakukan untuk mengubah ukuran dari gambar. Proses *cropping* ini mengubah ukuran gambar sesuai ordo citra yang telah ditetapkan. *Cropping* citra merupakan hal penting sebelum citra dapat diproses lebih lanjut, untuk memisahkan tanaman dari *background* atau kain yang menjadi latar pengambilan gambar atau akuisisi citra.

2.2 Model Warna *HSV*

Model warna *HSV* diturunkan dari model warna RGB (dengan cara melihat sepanjang diagonal hitam putih (Utami, 2013):

1. *Hue*: sudut putar seputar sumbu tegak dimana warna merah pada 0° dan *yellow* pada 60° dst

2. *Saturation*: bernilai antara 0 dan 1. Dinyatakan sebagai *ratio* antara kemurnian warna terpilih dengan kemurnian warna maksimumnya ($S = 1$). $S = 0$ berarti *gray*, $S = 1$ berarti murni.
3. *Value* bernilai antara 0 (hitam) dan 1 (putih).

2.2.1 Konversi Citra RGB Menjadi Citra HSV

Untuk mentransformasi dari RGB ke HSV perlu diasumsikan koordinat-koordinat R, G, B [0,1] adalah berurutan merah, hijau, biru dalam ruang warna RGB, dengan *max* adalah nilai maksimum dari nilai *red*, *green*, *blue*, dan *min* adalah nilai minimum dari nilai *red*, *green*, *blue*. Untuk memperoleh sudut *hue* [0,360] yang tepat untuk ruang warna HSV. Persamaan untuk melakukan konversi citra RGB menjadi citra HSV sebagai berikut. (Rakhmawati, 2013 dalam Cahyana, 2015).

$$H = \tan \left[\frac{3 (G - B)}{(G - B) + (R - B)} \right] \quad (2.1)$$

$$S = 1 - \frac{\min(R, G, B)}{V} \quad (2.2)$$

$$V = \frac{R + G + B}{3} \quad (2.3)$$

Pada rumus diatas dapat dilakukan proses normalisasi nilai RGB terlebih dahulu sebelum dilakukan konversi ke nilai HSV. Persamaan normalisasi RGB dapat dilihat sebagai berikut.

$$r = \frac{R}{R + G + B} \quad (2.4)$$

$$g = \frac{G}{R + G + B} \quad (2.5)$$

$$b = \frac{B}{R + G + B} \quad (2.6)$$

Keterangan rumus:

R = nilai *red* belum normalisasi

r = nilai *red* normalisasi

G = nilai *green* belum normalisasi

g = nilai *green* normalisasi

B = nilai *blue* belum normalisasi

b = nilai *blue* normalisasi

Setelah nilai normalisasi RGB selesai, maka citra akan dikonversi menjadi citra HSV. Persamaan yang digunakan untuk transformasi RGB ke HSV sebagai berikut.

$$V = \max(r, g, b) \quad (2.7)$$

$$S = \begin{cases} 0, & \text{jika } V = 0 \\ 1 - \frac{\min(r,g,b)}{V}, & \text{& } V > 0 \end{cases} \quad (2.8)$$

$$H = \begin{cases} 0, & \text{& jika } S=0 \\ \frac{60*(b-r)}{S*V}, & \text{& jika } V=r \\ 60* \left[2 + \frac{b-r}{S*V} \right], & \text{& jika } V=g \\ 60* \left[4 + \frac{r-g}{S*V} \right], & \text{& jika } V=b \end{cases} \quad (2.9)$$

$$H = H + 360 \text{ jika } H < 0 \quad (2.10)$$

Citra yang dipresentasikan dalam model warna RGB terdiri dari tiga komponen citra, masing-masing untuk setiap warna primer (R,G,B). Ketika ditampilkan dimonitor RGB, tiga kombinasi citra ini berada dilayar fosfor untuk menghasilkan warna komposit. Jumlah bit yang digunakan untuk mempresentasikan setiap piksel dalam *space* RGB disebut *pixel depth*. Model warna HSV diformulasikan oleh pencarian pada kubus warna RGB sepanjang sumbu *gray* (sumbu gabungan titik hitam dan putih), yang menghasilkan bentuk *heksagonal palet* warna (Kadir & Susanto, 2012). Ukuran bit RGB dan HSV jika disimpan dalam komputer ini tergantung pada *color* formatnya, tetapi secara umum RGB dan HSV itu bit *depth* per komponennya adalah 8 bit dengan R 8 bit, G 8 bit dan B 8 bit begitu juga pada HSV. Akan tetapi dikebanyakan kasus HSV bit *depth* perkomponennya yaitu H 7 bit, masing-masing S dan V 8 bit. Dengan melihat nilai max nilai H $179 = 7$ bit, max S dan V $255 = 8$ bit.

2.2.2 Statistika Ekstraksi Ciri

Nilai hasil dari ekstraksi ciri akan dilakukan perhitungan nilai *mean* dengan rumus statis rerata untuk proses identifikasi yang akan dilakukan selanjutnya (Kadir, 2013):

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N P_{ij} \quad (2.11)$$

Keterangan :

μ merupakan nilai rerata (*mean*).

M dan N merupakan nilai piksel.

i dan j merupakan koordinat piksel.

P merupakan matriks citra.

2.3 Jaringan Syaraf Tiruan

Jaringan syaraf tiruan merupakan suatu representasi buatan dari otak manusia yang dibuat untuk mensimulasikan proses pembelajaran pada otak manusia tersebut. Istilah buatan disini digunakan karena jaringan syaraf tersebut diimplementasikan menggunakan program komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses perhitungan selama proses pembelajaran (Kusumadewi, 2003 dalam Andrijasa, dan Mistianingsih, 2010).

JST tercipta sebagai generalisasi model matematika dari pemahaman manusia yang didasarkan pada pemrosesan informasi suatu sambungan penghubung (Tahir, Warni, Sylwana, dan Wahyuni, 2012), setiap sambungan penghubung memiliki bobot yang sesuai dan sel syaraf merupakan fungsi aktivasi terhadap isyarat hasil penjumlahan bobot yang masuk (Puspitaningrum D., 2006 dalam Lesnussa, Latuconsina, dan Persulesy, 2015)

Jaringan Syaraf tiruan mempunyai kemampuan yang luar biasa untuk mendapatkan informasi dari data yang rumit atau tidak tepat, mampu menyelesaikan permasalahan yang tidak terstruktur dan sulit didefinisikan, dapat belajar dari pengalaman, mampu mengakuisisi pengetahuan walaupun tidak ada kepastian, mampu melakukan generalisasi dan ekstraksi dari suatu data tertentu (Sutojo dkk, 2011).

2.3.1 Arsitektur Jaringan

JST memiliki beberapa arsitektur jaringan yang sering digunakan dalam berbagai aplikasi. Arsitektur JST tersebut, antara lain (Sutojo dkk, 2011):

1. Jaringan Layer Tunggal (*Single Layer Network*)

Jaringan dengan lapisan tunggal terdiri dari 1 *layer input* dan 1 *layer output*. Setiap *neuron/unit* yang terdapat di dalam lapisan/*layer input* selalu terhubung dengan setiap neuron yang terdapat pada *layer output*. Jaringan ini hanya

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

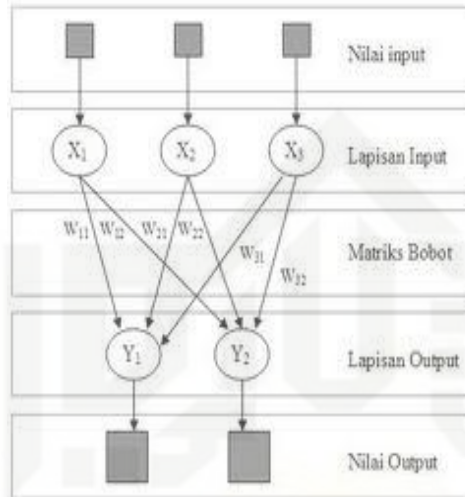
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

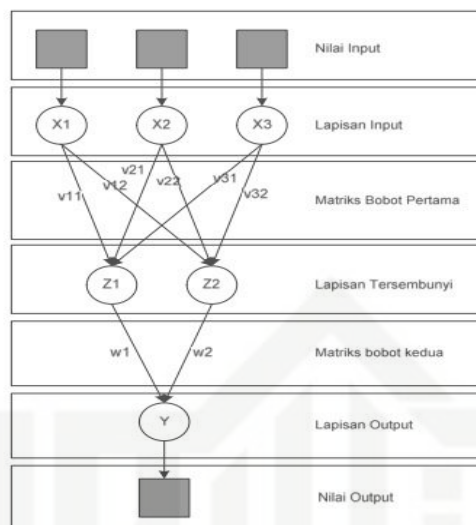
menerima input kemudian secara langsung akan mengolahnya menjadi output tanpa harus melalui lapisan tersembunyi. Contoh algoritma JST yang menggunakan metode ini yaitu: *Adaline, Hopfield, Perceptron*.



Gambar 2. 4 Jaringan syaraf dengan lapisan tunggal (Sutojo dkk, 2011)

2. Jaringan Banyak Lapisan (*Multilayer Net*)

Jaringan dengan lapisan jamak memiliki ciri khas tertentu yaitu memiliki 3 jenis *layer* yakni *layer input*, *layer output*, dan juga *layer tersembunyi*. Jaringan dengan banyak lapisan ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih kompleks dibandingkan jaringan dengan lapisan tunggal. Namun, proses pelatihan sering membutuhkan waktu yang cenderung lama. Contoh algoritma Jaringan Syaraf Tiruan yang menggunakan metode ini yaitu: *Madaline, backpropagation, Neocognitron*.



Gambar 2. 5 Jaringan syaraf dengan banyak lapisan (Sutojo dkk 2011)

3. Jaringan Lapisan Kompetitif (*Competitive Layer*)

Pada jaringan ini memiliki bobot yang telah ditentukan dan tidak memiliki proses pelatihan. Adapun alasan menggunakan jaringan ini ialah dapat digunakan untuk mengetahui neuron pememenang dari sejumlah neuron yang ada. Contoh algoritma yang menggunakan metode ini adalah LVQ.

2.3.2 Proses Pembelajaran JST

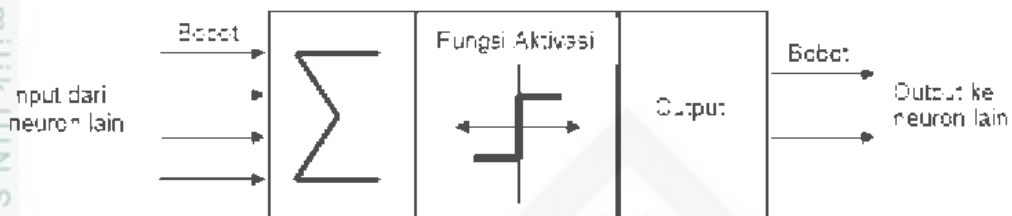
(Desiani, 2006) menjelaskan bahwa proses pembelajaran JST dapat diklasifikasikan menjadi 2 bagian, yaitu:

- Supervised Learning* (Pembelajaran Terawasi) yang menggunakan sejumlah pasangan data masukan dan keluaran yang diharapkan. Contoh tipe ini adalah metode *Back Propagation*, jaringan *hopfield* dan *perceptron*.
- Unsupervised learning* (Pembelajaran tak terawasi) yang hanya menggunakan sejumlah pasangan data masukan tanpa ada contoh keluaran yang diharapkan. Contoh metode pembelajaran tak terawasi adalah jaringan kohonen (*kohonen network*).

2.3.3 Struktur Neuron JST

Jaringan syaraf tiruan memiliki pembelajaran sistem otak manusia yang terdiri dari beberapa neuron, dan memiliki hubungan antara neuron-neuronnya. Namun neuron tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima melalui sambungan keluarannya yang menuju ke neuron-neuron yang lain. Pada jaringan

syaraf, hubungan ini dikenal dengan nama bobot. Informasi tersebut disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut. Struktur neuron pada jaringan syaraf dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 6 Struktur Neuron Jaringan Syaraf (Kusumadewi, 2003)

Gambar 2.6 menunjukkan bahwa informasi disebut *input* yang akan dikirim ke neuron dengan memiliki bobot tertentu. *Input* diproses oleh suatu fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai-nilai semua bobot yang datang. Hasil dari penjumlahan nilai-nilai ini kemudian dibandingkan dengan suatu nilai ambang (*threshold*) tentu melalui fungsi aktivasi setiap neuron. Apabila *input* melewati nilai ambang, maka neuron tersebut akan diaktifkan. Apabila neuron tersebut diaktifkan maka, maka neuron mengirimkan *output* melalui bobot-bobot outputnya ke semua neuron yang berhubungan dengannya (Kusumadewi, 2003).

Pada arsitektur jaringan syaraf tiruan, *neuron-neuron* akan dikumpulkan dalam lapisan-lapisan (*layer*) yang disebut dengan lapisan *neuron* (*neuron layers*). *Neuron-neuron* pada satu lapis akan dihubungkan dengan lapisan sebelum dan sesudahnya. Informasi yang diberikan akan dirambatkan lapisan ke lapisan, mulai dari lapisan input sampai ke lapisan output melalui lapisan tersembunyi (*hidden layer*). Faktor terpenting dalam menentukan kelakuan suatu *neuron* adalah fungsi aktivasi dan pola bobotnya. Umumnya *neuron* yang terletak pada lapisan yang sama memiliki keadaan yang sama sehingga pada setiap lapisan yang sama neuron-neuron memiliki fungsi aktivasi yang sama juga.

2.3.4 Fungsi Aktivasi

Fungsi aktivasi merupakan fungsi yang menggambarkan hubungan antara tingkat aktivasi internal (*summation function*) yang mungkin berbentuk linear atau nonlinear. Berikut beberapa fungsi aktivasi JST yang sering digunakan (Fauset, 1994 dalam Desiani, 2006) :

1. Fungsi Tangga Biner

Fungsi tangga biner merupakan fungsi identitas pembulatan yang bergantung pada parameter pembulatan θ . Untuk $\theta = 1$ fungsi ini hanya akan menghasilkan nilai 1 atau 0. Fungsinya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$f(x) = \begin{cases} 1, & \text{jika } x \geq \theta \\ 0, & \text{jika } x < \theta \end{cases} \quad (2.12)$$

2. Fungsi Sigmoid-Biner

Fungsi sigmoid-biner ini tergantung pada *steepness* parameter (σ). Agar fungsi ini menghasilkan nilai yang dibatasi oleh bilangan biner (0 sampai 1) maka $\sigma = 1$ dan akan menghasilkan grafik kontinu yang tidak linier. Fungsinya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$f(x) = \frac{1}{1+e^{-\sigma x}} \quad (2.13)$$

3. Fungsi Gaussian

Fungsi gaussian merupakan fungsi berbasis radial yang bergantung pada jarak antara data dengan suatu pusat data. Fungsi basis radial yang digunakan umumnya nonlinier (Samosir dkk, 2015) yaitu :

$$\phi(\|x-c\|) = e^{-(b1 \cdot Di,k)^2} \quad (2.14)$$

2.4 Jaringan Radial Basis Function (RBF)

Jaringan saraf fungsi *radial basis* (*Radial Basis Function Neural Network*, RBFNN) adalah suatu jenis arsitektur jaringan saraf tiruan, yakni jaringan dengan cara kerja meniru jaringan saraf manusia dan terdiri dari berlapis-lapis neuron yang bekerja bersama-sama untuk memecahkan suatu permasalahan (Purwitasari, 2011).

Topologi jaringan yang dimiliki oleh *Radial Basis* seperti jaringan saraf tiruan yang lain terdiri dari unit lapisan masukan (*input*), unit lapisan tersembunyi (*hidden*), dan unit lapisan keluaran (*output*) (Haryono, 2005). Gambar topologi jaringan RBF dapat dilihat pada Gambar 2.7

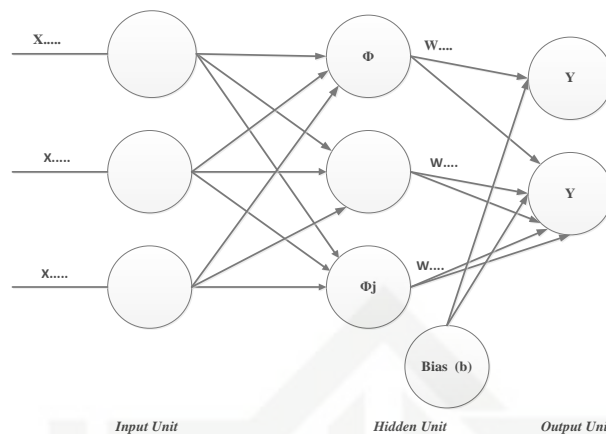
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2. 7 Topologi Jaringan *Radial Basis Function* (Haryono,2005)

Menurut (Haryono, 2005) hal yang khusus pada RBF yaitu:

- Pemrosesan sinyal dari *input layer* ke *hidden layer* bersifat *nonlinear*, sedangkan dari *hidden layer* ke *output layer* sifatnya *linear*.
- Pada *hidden layer* digunakan fungsi aktivasi yang berbasis radial, misalnya *Gaussian*.
- Pada *output unit* sinyal dijumlahkan seperti biasa.
- Sifat jaringannya ialah *feed-forward*.

Jaringan Syaraf Tiruan *Radial Basis Function* merupakan salah satu contoh metode *hibrida* yang menggabungkan metode terbimbing dan metode tak terbimbing (Nugroho, 2012). RBF dapat diaplikasikan ke berbagai domain permasalahan antara lain seperti pemodelan data timeseries, pengklasifikasian, pengenalan suara, restorasi gambar, estimasi gerak dan segmentasi benda bergerak.

2.4.1 Struktur Jaringan *Radial Basis Function* (RBF)

Struktur jaringan *Radial Basis Function* terdiri dari beberapa bagian yaitu (Kusaedi, 2004 dalam Nugroho, 2012):

1. *Input layer*

Input layer adalah rangkaian jaringan syaraf tiruan *Radial Basis Function* sebagai masukan untuk melakukan proses pertama. *Input layer* ini membaca data dari faktor luar yaitu keluaran *plan* (*unit sensor*) dan nilai yang kita kehendaki (Kusaedi,2004)

2. Hidden Layer

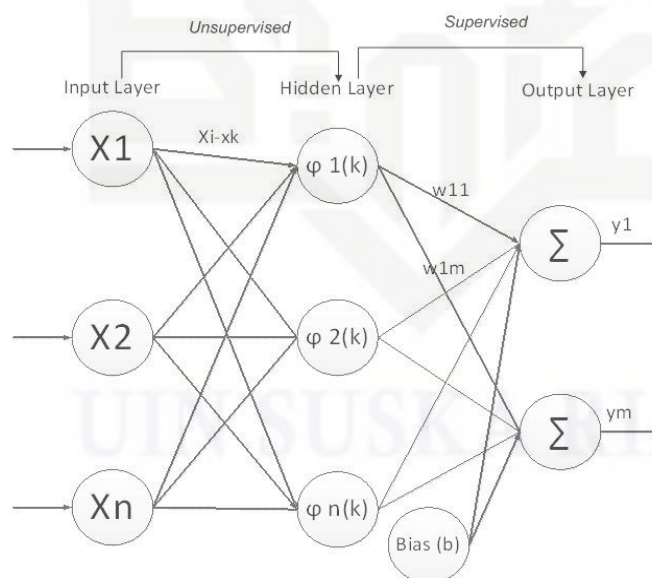
Hidden layer adalah tahapan perumusan dalam pembentukan sistem algoritma RBF. Lapisan kedua adalah lapisan tersembunyi (*hidden*) yang melayani suatu tujuan basis dan bobotnya dengan nilai yang berbeda.

3. Output Layer

Output layer merupakan lapisan hasil dari penjumlahan antara bobot dan fungsi basis akan menghasilkan keluaran yang disebut *output layer*. *Output layer* merespon jaringan sesuai pola yang diterangkan pada *input layer*. Transformasi dari ruang *input layer* ke *hidden layer* adalah *non-linear* sedangkan dari *hidden layer* ke *output layer* adalah *linear*.

2.5 Algoritma Pelatihan Jaringan *Radial Basis Function* (RBF)

RBF memiliki proses dari lapisan *input* menuju lapisan tersembunyi menggunakan pembelajaran tidak terawasi (*unsupervised learning*) dan proses yang terjadi dari lapisan tersembunyi menuju lapisan *output* menggunakan pembelajaran terawasi (*supervised learning*). Struktur algoritma JST RBF (Gradhianta, 2012) dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 8 Ilustrasi Jaringan Radial Basis Function (RBF) (Gradhianta, 2012)

Algoritma pelatihan RBF sebagai berikut (Samosir dkk, 2015):

Langkah 1 : Mencari nilai *center* (pusat data) yang dipilih secara acak

Pada tahap pertama data cluster atau dikelompokkan berdasarkan kedekatan tertentu, misalnya: kedekatan warna antara 2 pixel, kedekatan jarak antara 2 titik dan seterusnya. Penentuan *cluster* dengan sendirinya akan menghasilkan *center* atau pusat dari kelompok data. Jumlah *cluster* menentukan *hidden layer* unit yang dipakai. Dapat diketahui bahwa teori tahapan *cluster* merupakan cara yang mudah dalam menentukan *center* secara acak dari kelompok data atau seleksi titik pusat secara *random*. Karena metode random ini adalah cara mudah dan cepat dalam menentukan *center* (Haryono,2005). Metode *clustering* data yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Randomize Cluster Decision* atau menentukan cluster secara acak dari sekelompok data.

Langkah 2 : Menghitung $\|x_i - x_k\|$ yaitu jarak *Euclidean*

$$\|x_i - x_k\| = D_{i,k} = \sqrt{\sum_{j=1}^p (x_{i,j} - x_{k,j})^2} \quad (2.15)$$

dimana $i, k = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, p$

Langkah 3 : Menghitung $\varphi_{i,k} = \varphi \|x_i - x_k\|$ hasil aktivasi dengan fungsi *basis radial* dari jarak data dikalikan bias.

$$\varphi_{i,k} = e^{-(b1 * D_{i,k})^2} \quad (2.16)$$

Dengan : $b1 = \frac{\sqrt{-\ln(0.5)}}{\sigma(\text{spread})}$, *spread* merupakan bilangan *real* positif, nilai *spread* juga menentukan bagaimana data tersebar.

Langkah 4 : Menghitung bobot pelatihan dengan menggunakan rumus :

$$w = (G^T G)^{-1} G^T d \quad (2.17)$$

Langkah 5 : Menghitung output RBFN

$$y = \sum \varphi w + b \quad (2.18)$$

Keterangan rumus:

x_i = *vector* input data

x_k = *vector center* ke i

φ = fungsi Gaussian

σ = nilai *spread*

w = nilai bobot

G = inisialisasi nilai Gaussian (φ)

d = vector target

y = output rbf

b = bias

2.6 Buah Tomat

Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill) merupakan tanaman hortikultura yang sangat banyak manfaatnya. Menurut (Pudjitmoko, 2008 dalam Marlia dkk, 2012) bahwa dalam 100 g buah tomat mengandung protein (1 g), karbohidrat (4,2 g), lemak (0,3 g), kalsium (5 mg), fosfor (27 mg), zat besi (0,5 mg), vitamin A (karoten) 1500 SI, vitamin B (tiamin) 60 mg dan vitamin C 40 g mg.

Buah tomat mengandung pigmen karotenoid, terutama likopen dan β -karoten yang merupakan komponen utama penentu warna pada buah tomat masak. Atribut kualitas utama pada tomat terdapat pada warna dan tekstur buah tomat dimana didalamnya terdapat karotenoid sebagai penentuannya dan juga bermanfaat bagi kesehatan (Liu dkk., 2008 dalam Novita dkk., 2015).

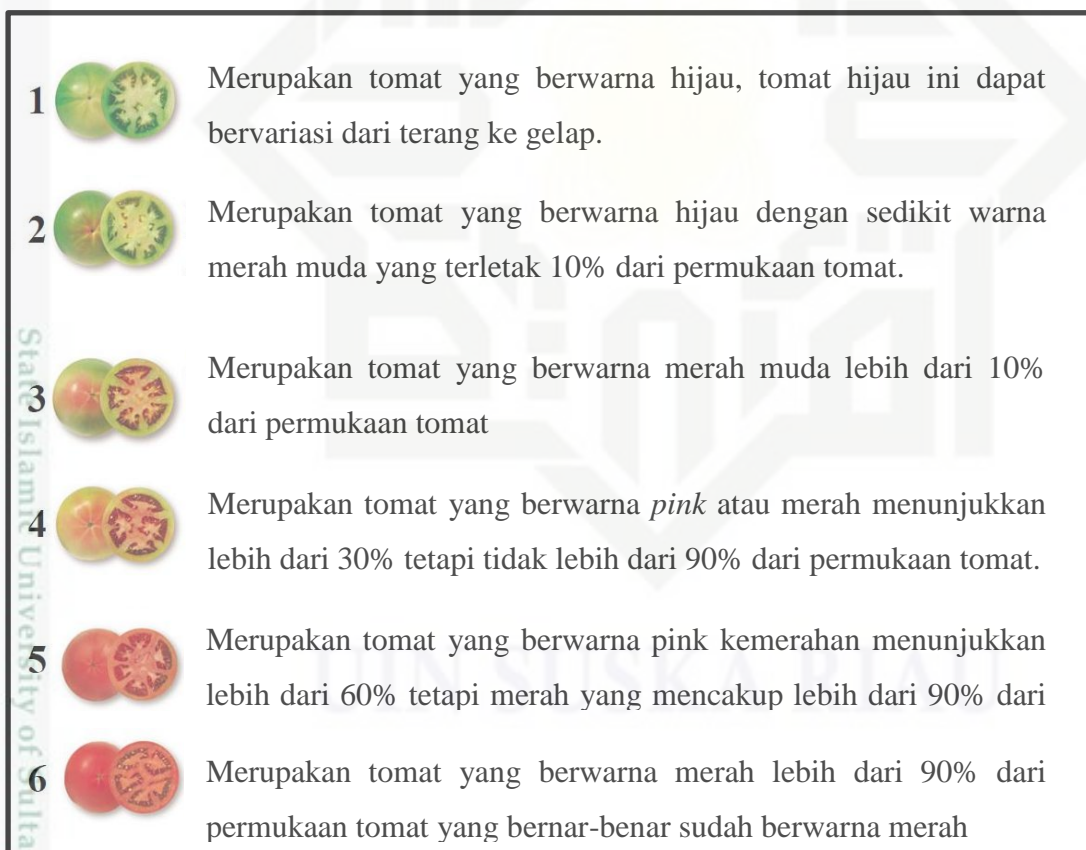
Buah tomat juga memiliki bentuk yang bervariasi, dilihat dari jenisnya, dilihat dari segi bentuk buah tomat ada yang berbentuk bulat, agak bulat, agak lonjong, bulat telur (oval) dan bulat persegi. Buah tomat ini juga memiliki berbagai macam ukuran, yaitu paling kecil memiliki berat 8 gram dan yang berukuran paling besar memiliki berat sampai 180 gram. (Cahyono, 2008)



Gambar 2. 9 Buah Tomat

2.7 Kematangan Buah Tomat

Kondisi kematangan buah tomat dapat dilihat dari segi warna, oleh karena itu ekstraksi ciri warna dari buah tomat akan dapat dimanfaatkan untuk mengetahui tingkat kematangan dari buah tomat tersebut (Nociyanto, 2009 dalam Radityo, Fadillah, Igwahyudi, dan Dewanto, n.d.). Proses perubahan warna kematangan buah tomat dari hijau muda sedikit demi sedikit berubah menjadi kuning. Ketika sudah matang, warna buah berubah menjadi cerah. Tingkat kematangan buah tomat dilihat dari semakin matangnya buah tomat maka semakin merah warnanya dan sebaliknya semakin muda maka semakin hijau warnanya (Cahyono, 2008). Berikut merupakan gambar buah tomat *green*, *breakers*, *turning*, *pink*, *light red*, dan *red*



Gambar 2. 10 Tingkat Kematangan Tomat

Secara keseluruhan kualitas buah dipengaruhi oleh penampilan (ukuran, bentuk, warna, kilapan dan cacat), tekstur (kekerasan, kelembutan dan serat), flavour (rasa dan aroma), nilai nutrisi (karbohidrat, lemak, protein, vitamin dan

mineral). Zulkarnain (2010) mengungkapkan bahwa mutu produk hortikultura dibedakan atas kondisi dan penampakan. Kondisi produk mencerminkan adanya penyakit, kerusakan maupun kelainan fisiologis, sedangkan penampakan mengacu pada sifat visual produk seperti warna, bentuk dan ukuran. Selama proses pematangan, tomat akan mengalami berbagai perubahan baik secara fisik maupun kimia. Perubahan secara fisik yang terjadi diantaranya adalah perubahan warna kulit, ukuran, perubahan tekstur serta kekerasan buah.

2.8 Normalisasi

Normalisasi merupakan proses penskalaan nilai atribut dari data sehingga bisa jatuh pada *range* tertentu. Pada perhitungan jarak *euclidean*, atribut berskala panjang dapat mempunyai pengaruh lebih besar daripada atribut berskala pendek. Oleh karena itu, untuk mencegah hal tersebut perlu dilakukan normalisasi terhadap nilai atribut dan transformasi nilai atribut berkisaran antara 0 – 1. Normalisasi data bertujuan untuk mendapatkan data dengan ukuran yang lebih kecil yang mewakili data yang asli tanpa kehilangan karakteristik sendirinya rumus dari normalisasi yaitu (Teknomo, 2006).

$$X^* = \frac{X - \min(X)}{\max(X) - \min(X)} \quad (2.19)$$

dengan,

X^* adalah nilai setelah dinormalisasi,

X adalah nilai sebelum dinormalisasi,

$\min(X)$ adalah nilai minimum dari fitur, dan

$\max(X)$ adalah nilai maksimum dari suatu fitur

2.9 Pengujian Akurasi

Pengujian dilakukan dengan menghitung akurasi hasil pelatihan algoritma RBF. Performa dievaluasi dengan menghitung akurasi menggunakan *Confusion Matrix*. *Confusion matrix* adalah suatu cara yang menyatakan jumlah data uji yang benar diklasifikasikan dan jumlah data uji yang salah diklasifikasikan. Berikut merupakan contoh *confusion matrix* tentang klasifikasi biner pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Confusion Matrix (Tan, Steinbach, dan Kumar, 1981)

		Kelas Prediksi	
		1	0
Kelas Sebenarnya	1	TP	FN
	0	FP	TN

Berikut ini merupakan keterangan Tabel 2.2 diatas:

TP (*True Positive*) adalah jumlah dari dokumen kelas 1 yang benar serta diklasifikasikan pada kelas 1.

FN (*False Negative*) adalah jumlah dari dokumen kelas 1 yang salah serta diklasifikasikan pada kelas 0.

FP (*False Positive*) adalah jumlah dari dokumen kelas 0 yang salah serta diklasifikasikan pada kelas 1.

TN (*True Negative*) adalah jumlah dari dokumen kelas 0 yang benar serta diklasifikasikan pada kelas 0.

Untuk menghitung ketepatan akurasi jaringan RBF digunakan rumus *Confusion Matrix* sebagai berikut :

$$Akurasi = \frac{TP+TN}{TP+FN+FP+TN} \times 100\% \quad (2.11)$$

Keterangan :

TP = *True Positive*

TN = *True Negative*

FN = *False Negative*

FP = *False Positive*

2.10 Penelitian Terkait

Berikut ini merupakan referensi penelitian yang telah dilakukan sebelumnya tentang kematangan buah tomat.

1. Penelitian (Pratiwi, dkk (2015) yang berjudul *Mammograms Classification Using Grat-Level Co-Occurrence Matrix And Radial Basis Function Neural Network* menjelaskan bahwa penelitian tersebut bertujuan membantu ahli radiologi dalam mengklasifikasikan berbagai jenis kanker payudara yang diambil dari memogram berdasarkan matrix (GLCM) yaitu fitur tekstur. Dan pada penelitian ini menunjukkan hasil bahwa metode bahwa metode RBF

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

kebih baik dibandingkan BPPN, dimana akurasi RBF untuk klasifikasi normal dan abnormal hasilnya adalah 93,98% yang 14% lebih tinggi dari BPNN, sedangkan ketepatan klasifikasi jinak dan ganas adalah 94,29% yang merupakan 2% lebih tinggi dari BPNN.

- Penelitian Suastika Yulia Riska (2015) yang berjudul *Klasifikasi Level Kematangan Tomat Berdasarkan Perbedaan Perbaikan Citra Menggunakan Rata-Rata RGB dan Indeks Pixel* menjelaskan bahwa Setelah dilakukan pengujian terhadap kematangan buah tomat dengan multi *SVM* hasil yang diperoleh perbaikan rata-rata RGB akurasi didapat mencapai 86,7%
- Penelitian Yousif, Hussain (2015) yang berjudul *Human Ear Segmentation Based on HSV Colorsapce* menjelaskan bahwa penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi bentuk telinga luar yang diakui sebagai organ tubuh yang sangat penting yang dapat mengidentifikasi pribadi manusia menggunakan ruang warna HSV dan tingkat akurasi sebesar 97,56%
- Penelitian Samosir, dkk (2015) yang berjudul *Perbandingan Metode Klasifikasi Regresi Logistik Biner dan Radial Basis Function Network* pada Berat Bayi Lahir Rendah, menjelaskan bahwa ketepatan klasifikasi regresi logistik biner adalah sebesar 81,7% untuk data *training* dan 77,4% untuk data *testing*. Ketepatan klasifikasi bayi baru lahir pada menggunakan RBFN adalah sebesar 92,96% untuk data *training* dan 80,64% untuk data *testing*. Berdasarkan ketepatan klasifikasi yang diperoleh, maka dapat diketahui bahwa metode *Radial Basis Function Network* menghasilkan akurasi lebih tinggi dibandingkan metode Regresi Logistik Biner, baik untuk data *training* maupun data *testing*.
- Penelitian Dillak, dkk (2012) yang berjudul *Penerapan Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function* pada Diagnosa dan *Medical Prescription* Penyakit Jantung, menjelaskan bahwa penelitian ini dilakukan untuk membantu dokter untuk mengklasifikasi data resep obat dengan baik dan dapat digunakan sebagai alat bantu bagi dokter dalam mendiagnosa dan menentukan resep obat yang tepat bagi pasien penderita sakit jantung. Tingkat akurasi sistem mencapai 85%.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

6. Penelitian Tahir, dkk (2012) yang berjudul *Analisa Metode Radial Basis Function* Jaringan Syaraf Tiruan untuk Penentuan *Morfologi* Sel Darah Merah (*Eritrosit*) Berbasis Pengolahan Citra, menjelaskan bahwa penelitian ini dilakukan untuk analisa metode *RBF* Jaringan Syaraf Tiruan untuk penentuan *Morfologi* darah Merah (*Eritrosit*) Berbasis Pengolahan citra dimana data citra eritrosit normal dan abnormal berasal dari Lembaga Penelitian ABX dari *Montpellier* Perancis berjumlah 175 sampel. Penentuan morfologi *eritrosit* berbasis pengolahan citra dan jaringan syaraf tiruan *Radial Basis Function* ini memiliki akurasi yang baik dan memuaskan serta memiliki total waktu pemrosesan sistem yang cepat dimana diperoleh tingkat akurasi citra uji mencapai 100% dengan waktu sebesar 0,849087114 detik untuk memproses data.